

## 大気の運動のモデル実験 (その2)

若 林 茂 敬

高層天気図に示されるような大気の大きな流れを、モデル実験で作り出すことを目的とし装置の改良と実験条件の検討をした。その結果、毎分1回～4回の回転数で、加熱温度が15～30℃のときに、2波型、3波型、4波型などの波動現象が生じやすいことがわかった。また実験装置も授業で十分活用できるものと思う。

### 1 はじめに

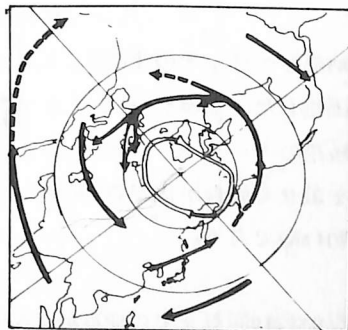
昨年の予備実験につづき、加熱温度4～34℃、回転数毎分1～10回転の間に、回転水そうの水面に生ずる波動現象を観察し、生ずる波形と加熱温度、回転数との関係を調べた。

また、装置に改良を加え、毎分1～4回転の滑らかな低速回転を出せるようにした。さらに、VTR装置を回転台に取りつけるなどし、水そうの回転による見かけの運動を取り除いた、水面の波動現象だけを観察できるようにし、大気大循環のモデル実験の授業での活用をめざした工夫をした。

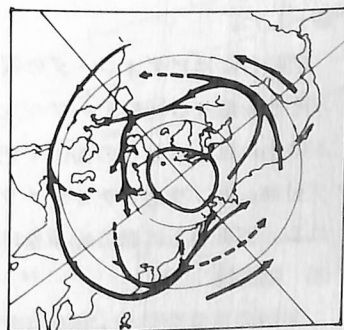
実験に活用し得る装置の作成をし、生ずる波形と加熱温度、回転数などのおおよその関係がわかったのでここに報告する。

### 2 大気大循環とモデル

大気の大循環はよく、南北の鉛直断面内の子午面循環図で説明される。この図で、低緯度の熱帯圏界面、中緯度の中緯度圏界面、高緯度の寒帯圏界面のそれぞれ、境界付近で、亜熱帯ジェット気流、寒帯前線ジェット気流が説明されている。この中で寒帯前線ジェット気流は、寒帯前線帯と密接に結びついて、流れており、中緯度、高緯度の天気に、密接に関係している。このジェット気流を平面的に表わすと図1、2<sup>1)</sup>のように示される。このジェット気流は、大気の熱収支の影響を受け、季節によって流れる位置が大きく変わる。そして、このジェット気流の下にある日本の天気は、この流れの変化に大きく左右されている。



黒矢：対流圏のジェット気流



白矢：成層圏のジェット気流

図1 夏のジェット気流

図2 冬のジェット気流

こうした大規模な大気の運動は、単

純化してモデル化とする，低緯度地帯と高緯度地帯の温度の差および，地球の自転によって作り出されると考えてよい。そこで，こうしたモデルを，周辺部に熱源，中心部に冷源をもった，回転水そうからなる実体モデルに置きかえて実験してみると，図1，2のジェット気流に非常によく似た波動現象が観察できる。

### 3 実験装置

実験装置は図3に示すように，波動現象を作り出す円形水そう，それを回転させる回転台，波動現象を記録するカメラ及びVTR装置からなる。

#### (1) 水そう

観察水そうは直径48cm，高さ10cmのタキロン製円形水そうで，中心部に直径14cmのアルミ製の水そうを入れ，冷却用水そうとした。予備実験では，観察水そうの外側にニクロム線ヒーターを入れた加熱水そうを別につけたが，間のアルミ板をはさんで，5℃の温度差が生じ，観察水そうの加熱が思うようにいかなかったので，改良型では，観察水そうの周辺底部に直接ニクロム線ヒーターを入れた。(図4)

#### (2) 回転台

回転台の軸部には，前回同様，自動車の前輪部の部品を用いた。今回は，加熱ヒーター及び，VTR装置用の電気回線を回転台に持って来るために，これらの電線を通せるように，軸部にパイプ状に穴のある部品を選んだ。この部品を木製の台に固定し，回転台の基盤とした。

回転台にはビデオコーダの収納部をつけ，その上に水そうを載せる回転テーブルを固定した。このテーブルの上には，水そうの他に，記録用のモータードライブ付35mmカメラとビデオカメラを載せる架台が固定される。回転台上に載る総重量は約48Kgである。

#### (3) 動力部

48Kgの重量を載せ，毎分1回転から10回転までの滑らかな回転をさせるために，図のように，中古洗濯機のプーリとVベルトを利用し減速装置とした。毎分1回～4回の回転は図5のようにベルトをかけてまわしたが，毎分5回～10回の回転は，ベルトをひとつ減らし，Bプーリからじかにモーターにつないで

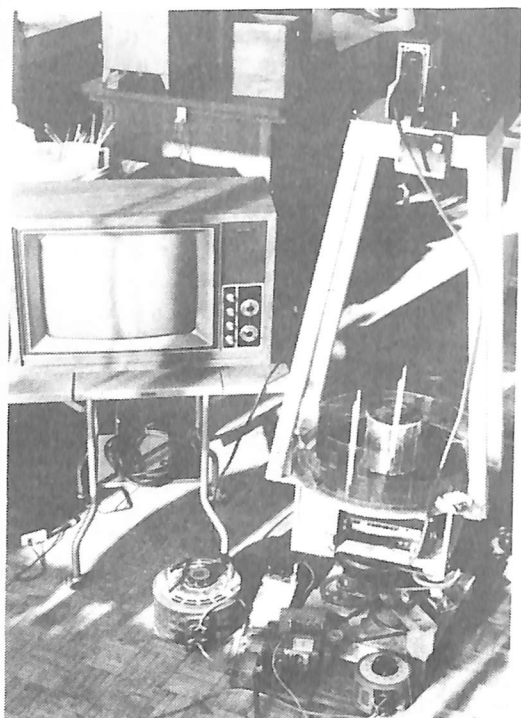


図3 実験装置

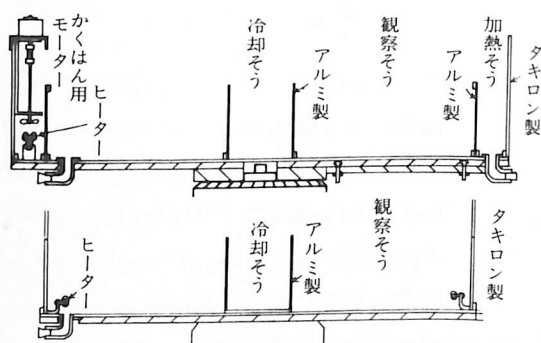


図4 水そう

回転させた。モーターは実験用直巻きモーターを使い、スライダックで電圧を調節しながら、目的の回転数を得た。

#### (4) 電源

回転台上のニクロム線ヒーターと、VTR装置用に電源を必要とするため、回転軸の中にパイプを通し、この中に電線を通し、下端に小リングを回線の数だけつけ、これに基盤に固定したカーボンブラシをあてて、電気の取り入れ口とした。(図6)

#### (5) 加熱と冷却

加熱には、500W用ニクロム線2本を直列につないだものを2組並列に水そうの底にまわし、80Vの電圧をかけて用いた。このときヒーターは320Wとしてはたらく。

冷却には、中心部のアルミ製水そうに、氷またはドライアイスを入れて用いた。室温5℃前後の冬には氷で、室温が25℃以上になる夏には、ドライアイスアルコールでひたして冷却させた。

### 4 実験

#### (1) 加熱による温度変化について

〔実験方法〕観察そう内に加熱ヒーターを入れた場合と、観察そうの外に加熱そうをつけ、その中にヒーターを入れ水を拡げながら壁面全体を加熱する場合の観察そう内の外側の水面の温度上昇を比較した。

〔結果と考察〕

図7のBは観察そうと加熱そうの間がアルミ板の場合で、Cは2mmのタキロン板の場合である。この場合、壁をはさんで6~10℃の温度差が生じ、観察そうを30℃に加熱しようとするとき、加熱そうから蒸気があがり、温度計も読めなくなってしまう。観察そう内にヒーターを入れた場合、こうした温度差はできず、Aのグラフと同じで、熱が有効に使われる。

#### (2) 冷却による温度変化について

〔実験方法〕

冷却そうに氷またはドライアイスを入れ、加熱ヒーターを入れながら、装置を回転させ、冷却そうに接する観察そうの水の底の部分の温度をはかった。

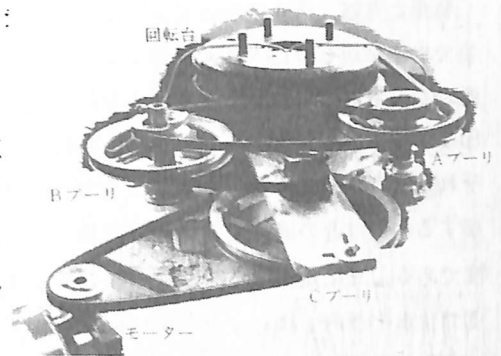


図5 動力部

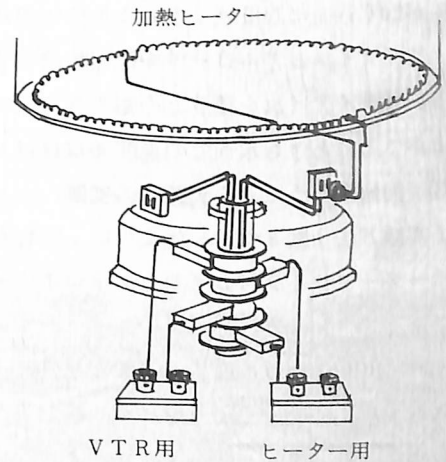


図6 電気の取り入れ口とヒーター

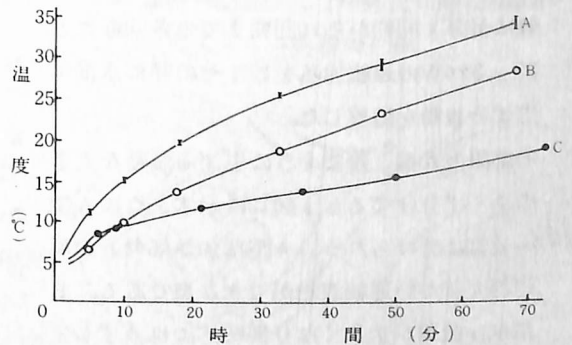


図7 加熱による温度変化

〔結果と考察〕図8において、口印は、室温5℃の室で水を冷却そうに入れた場合で、△印と○印は室温25℃の室でのもので、△印は氷を使った場合、○印はドライアイスとアルコールを使った場合のそれぞれ水そう内の温度変化を示す。実線が冷却そうに接する水面付近の温度で、鎖線は加熱部の上部の温度である。また点線は、冷却そうに接する水底の温度で、水そう内ではもっとも低い温度を示す。

室温が低い場合、氷を用いても、加熱部と冷却部の温度差は5℃近くあり、実験はうまくいくが、室

温が20℃以上になると、氷による冷却では、温度差がほとんどなく実験がうまくいかない。この場合、ドライアイスとアルコールを使って冷却すると、温度差は4～5℃に保つことができ、実験は可能である。ドライアイスを使うと冷却そうに接する底の温度は極端に低く、加熱部との温度差では20℃近くになるが、このときも水面での温度差はほぼ5℃前後である。

### (3) 回転水そうによる大循環の実験

〔実験方法〕図3で示したように、回転台の上に、水そう、カメラ用架台をセットをし、架台上には、モータードライブ付カメラとストロボ、それに、VTR用カメラを固定する。架台の脚部には計時用のストップウォッチとカメラのスイッチを固定する。水そう内には温度測定用に、加熱部の水面と水底、それに、冷却そうに接する水面と水底にそれぞれ温度計を固定する。観察そうには水を6cm程の深さに入れ、水面にアルミ粉末をまく。冷却そうには、氷、又はドライアイスとアルコールを入れる。準備ができたならモーターを回し、スライダックで調節しながら目的の回転数にセットする。水そう内の水の動きが安定したら、加熱用ヒーターの電源を入れ、80V、4Aの電流を流し加熱を始める。時計を見ながら約2分毎に写真撮影をし、同時にそれぞれの温度計の読みを記録する。VTR録画をする場合は、装置を回転させる前に、録画セットをする。実験は毎分1回転から10回転までの各回転ごとに、820Wの連続加熱をし、その間に水面に生ずる波動を観察した。

〔結果と考察〕観察そうに生ずる波動を大きくタイプ分けすると、図13に示すようにA型～H型に分けられる。A型は加熱部付近の周辺部で細かい連続波動ができる型である。B型は、波動が大きくなり部分的にはうずも生ずるが、定まった形にならない波動である。C型は2波型で、時には、凸部にうずを生ずるときもある。D型は3波型で凸部にうずを

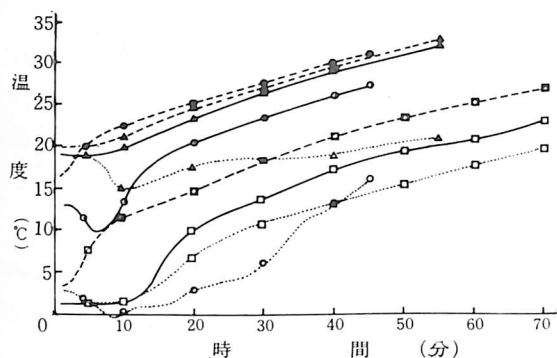


図8 観察そう内の温度

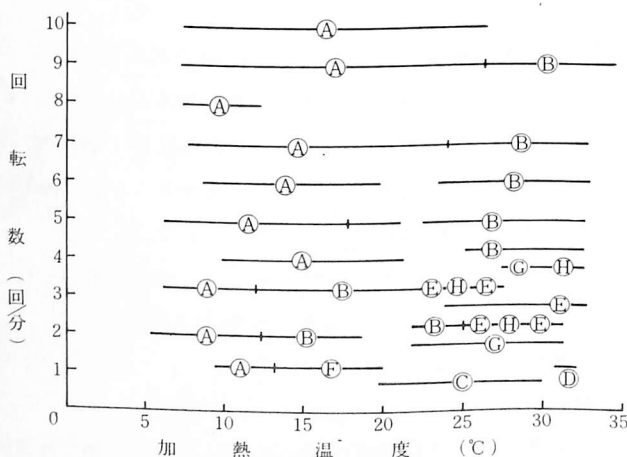


図9 波動の型と回転数と温度の関係

生ずる型ではあるが、凹部にはうずをもたない型である。E型はD型と同じだが、凹部にもうずをもつ。F型は4波型で、凹部にはうずをもたない型である。G型は、凹部にも凸部にもうずをもつ。H型は、3波型や4波型のようにはっきりした凹凸をもたずに大きなうずが6~7個できる型である。

回転数と加熱部の温度の関係でA~H型のできる範囲を示すと図9のようになる。きれいな2波型、3波型、4波型のできるのは、毎分4回転以下の低速

回転で、温度は15~20℃以上の場合にできやすいようだ。

加熱部の温度、回転数が同じでも、異なる波形ができることがある。図10は、それぞれ生じた波動と、そのときの加熱部と冷却部の水面の温度差を示したものである。C型の2波型は、回転数が低く、しかも温度差が10℃前後と大きいときにできやすい。D型の3波型は、1~3回の低速回転で25℃以上の温度でしかも、温度差が4~6℃くらいのとくにできよう。F型、G型の4波型は比較的広い範囲で生ずるが、3波型にくらべると3.2℃~4.2℃と温度差が小さいときにできようである。

4波型の場合G型は、温度差が小さい方にできないようだが、3波型の場合E型では、はっきりわからない。

B型はA型から、しだいに变化するが、B型が次に何型になるかは、温度差などで、さまざまな型に分かれそう。

図12は、図11に示すような3波型の凸部の動きを2秒おきに、追跡した図である。写真では、運動の方向がわからないが、図12から、凸部のうずは反時計まわりであり、凹部のうずは、時計まわりであることがわかる。また、b, c, e, fのような波動部は、g, hなどの部分にくらべると2倍以上の速さで運動していることがわかる。また、

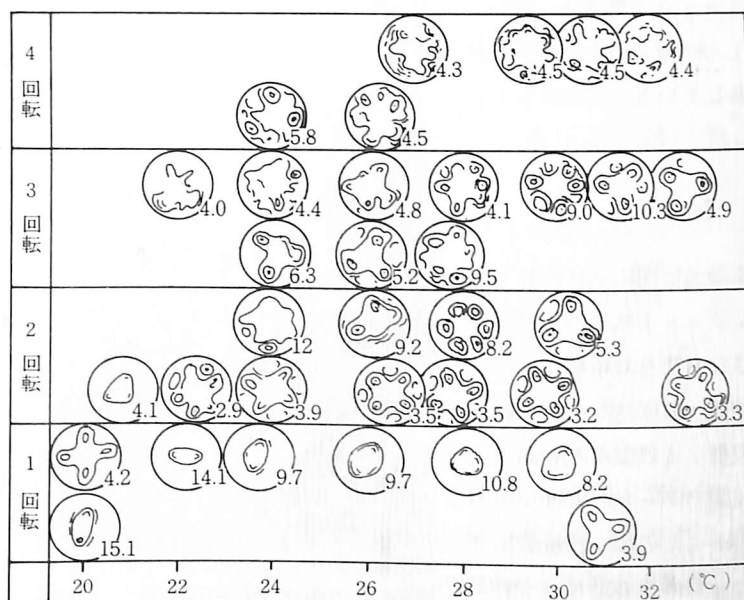


図10 加熱・冷却の温度差と生ずる波形

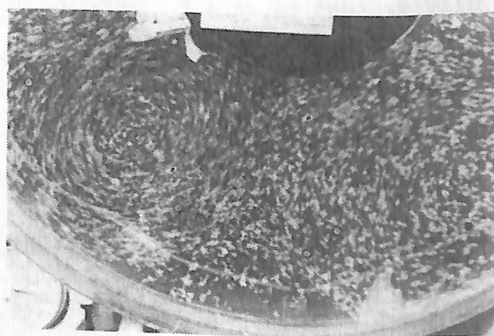


図11 3波形の一部

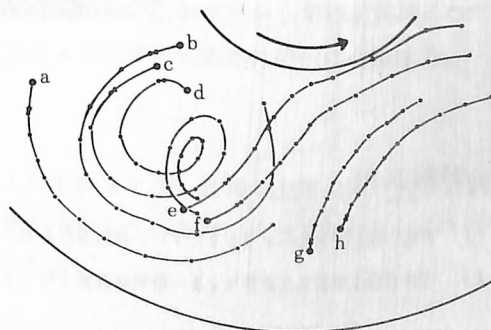


図12 水面の各点の動き



b, c, dの動きは, 波動が  
少しづつ水そうの回転方向に  
移動していることを示してい  
る。

## 5 おわりに

高層天気図に示されるよう  
な, ジェット気流のモデルを  
小さな水そうの中に作り出す  
実験は一応成功した。2波型  
3波型, 4波型などの典型的  
な波動パターンのできる条件  
もわかったので, 比較的短時  
間で, 目的の波動現象を作り  
出すことができる。またV T  
R装置などの利用で, 見かけ  
の回転運動を取り除いた水そ  
う内だけの波動現象の観察も  
容易にできる。

あえて物理的相似条件を考  
えに入れなくとも, 視覚的に  
十分教材になり得ると考える。

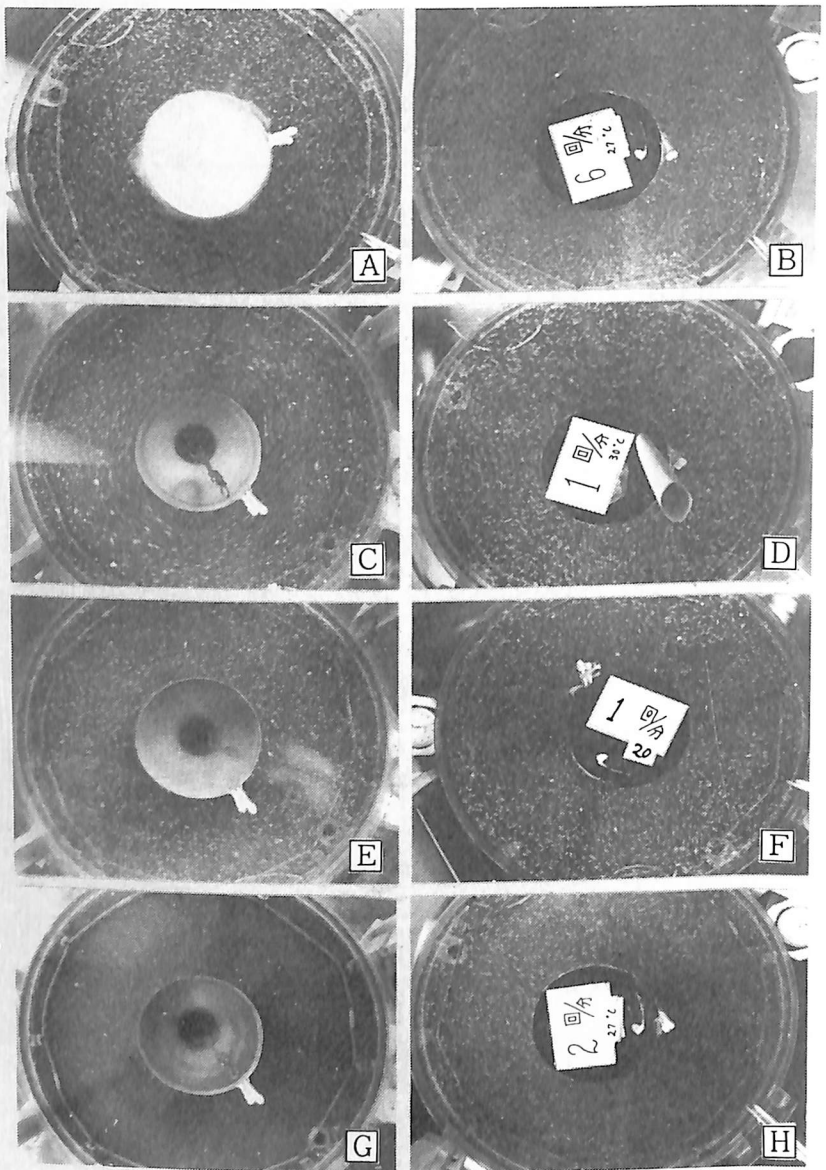


図 1.3 波動の型

## 参考文献

- 1) 倉嶋 厚: モンスーン (1972) 河出書房新社
- 2) 若林茂敬: 新潟県立教育センター研究報告第8号 (1976) 59-62